

Конфокально-зондовая магнитно-резонансная спектроскопия с использованием спиновых центров в карбиде кремния и алмазе

А.Н. Анисимов¹, А.В. Анкудинов^{1,2}, В.А. Солтамов¹, П. Г. Баранов¹

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, 194021, Россия

² Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Россия
aan0100@gmail.com

Рассмотрен метод оптически детектируемого магнитного резонанса (ОДМР), совмещенный с конфокальной оптической и зондовой микроскопией, открывающий интересные возможности исследования структуры и свойств живых и неживых объектов по отклику спиновых центров в карбиде кремния и в алмазе на слабые вариации магнитных полей и температур.

Confocal-probe magnetic resonance spectroscopy using spin centers in silicon carbide and diamond

A.N. Anisimov¹, A.V. Ankudinov^{1,2}, V.A. Soltamov¹, P.G. Baranov¹

¹ Ioffe institution, Saint-Petersburg, 194021, Russia

² ITMO University, Saint-Petersburg, 194101, Russia

The method of optically detectable magnetic resonance (ODMR) combined with confocal optical and probe microscopy is considered, which opens interesting possibilities for studying the structure and properties of living and nonliving objects from the response of spin centers in silicon carbide and in diamond to weak variations of magnetic fields and temperatures.

Развитие методов диагностики распределений магнитных и температурных полей с нанометровым пространственным разрешением имеет большую актуальность, в частности, в биологических исследованиях. Например, изменение температуры окружения структуры белка проявляется по взаимодействию с парамагнитными центрами в алмазе [1], нейрон при возбуждении создает вокруг себя меняющиеся электрические и магнитные поля. Все это можно регистрировать по изменению сигнала ОДМР в спиновой метке [2].

Нанометровое пространственное разрешение в измерениях распределений магнитных и температурных полей обеспечивается методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Чувствительность СЗМ, однако, все еще недостаточно высока. Для регистрации слабых магнитных и температурных полей весьма перспективным может оказаться метод оптически детектируемой магнитно-резонансной спектроскопии, совмещенной с атомно-силовой микроскопией. С его помощью можно детектировать магнитные поля с чувствительностью ~ 100 нТл, что открывает доступ к информации о наличии неспаренных электронных спинов (радикалов, оборванных связей, парамагнитных примесей и т.д.) в изучаемых объектах. На текущий момент имеется много свидетельств о продуктивности метода при использовании NV-центров в алмазе [3].

Альтернативный подход состоит в эксплуатации аналогичных центров в карбиде кремния (SiC), которые, по сравнению с NV-центрами, обладают рядом преимуществ [4,5], возбуждение и люминесценция центров в SiC лежит в области прозрачности волоконной оптики и большинства биологических объектов (800-1000 нм). Поликристаллической структуры SiC позволяет манипулировать свойствами центров. В одной кристаллической матрице сосуществуют центры с параметрами, не зависящими от температуры, актуальные для магнитометрии, так и температурно-чувствительные центры, которые можно использовать для термометрии [5]. На рисунке слева приведена

схема эксперимента. На рисунке справа приведен снимок кантилевера с нанесенными на него наночастицами карбида кремния.

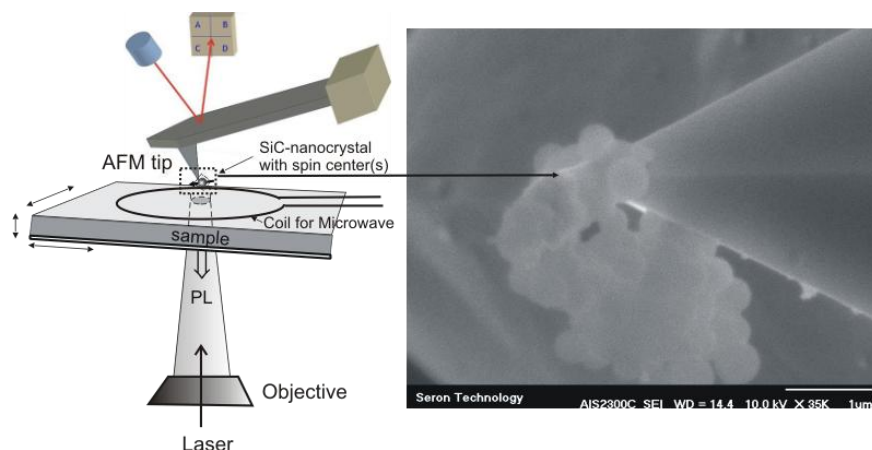


Рисунок 1. Слева – схема эксперимента. Справа – снимок кантилевера с нанесенными на него наночастицами карбида кремния.

Авторы выражают благодарность за возможность участия на конференции и проведения исследований мегагранту № 14.Z50.31.0021.

1. L.T. Hall et al., *Nature Scientific Reports*, Vol. 2, 401, 2012.
2. J.F. Barry et al., *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 113, no. 49, 2016.
3. L.P. McGuinness et al., *Nature Nanotechnology*, Vol. 6, p. 358-363, 2011.
4. D. Simin et al., *Phys. Rev. X*, Vol. 6, 031014, 2016.
5. A.N. Anisimov et al., *Nature Scientific Reports*, Vol. 6, 33301, 2016.